Il Disegno per la ricostruzione di una storia. Il restauro virtuale del Monumento a Costanzo Ciano a Montenero di Livorno*

Elena Ippoliti, Laura Carnevali,
Fabio Lanfranchi

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Sapienza Università di Roma

pagina a fronte

Fig. 1
I blocchi della statua di Costanzo Ciano abbandonati nella Cava di Villamarina. Isola di Santo Stefano, Arcipelago della Maddalena

Abstract

The study about the Monument devoted to Costanzo Ciano, one of the most symbolic elements of the fascist period, could be considered provocative in such an historical and cultural period signed by human prejudice, but going beyond the writers' intentions, the aim of this research is to investigate this interesting and emblematic artistic episode of that cultural period. The interest is not only limited to the value of the lost 'pieces' belonged to the unfinished mosaic and still scattered on the national territory, but it's also related to the great and interesting documentary evidences associated to the project. Methodologies framed in the Representation Discipline have been applied for document interpretation, with attention to the 'virtual restoration' as the only possible and effective methodology both to recover its formal completeness, as well as of communicate and divulgate it.

Dal progetto verso la costruzione del Monumento (1939-1943)

È il 17 giugno del 1942. Gaetano Rapisardi, appena rientrato a Roma da Livorno, scrive all'amico Arturo Dazzi per rassicurarlo dello stato dei lavori del Monumento a Costanzo Ciano a Montenero di Livorno "tutto verrà degno della tua scultura, cioè: bene" (A.P.R., 1942).
Ma forse, in cuor suo, Rapisardi non è così certo della conclusione dell'opera. E infatti, nelle poche righe della medesima lettera, prosegue riferendo di uno strano episodio da pochi giorni accaduto al cantiere

> Racconta il guardiano del lavoro che Domenica, u.s., c'è stato il ministro Ciano, quasi solo, a mirare la costruzione e che questo gli ha domandato se entro un anno sarebbe finita. Non avendo avuta risposta gli domandò allora se fosse stata completata fra due anni. Solo allora il guardiano si decise rispondere: voi lo sapete meglio di me. Dopo avergli stretta la mano andò via (A.P.R., 1942).

Segno che i lavori, per l'avanzare della guerra, dovevano già andare molto a rilento, oltre che per le risorse economiche da destinarvi, anche per la mancanza di manodopera e per la difficoltà negli approvvigionamenti dei materiali e dei relativi trasporti.

*Le immagini di cui alle figure dalla 11 alla 20 sono state elaborate da Marco D'Alessandro e Thea Pedone con la supervisine di Elena Ippoliti e Michele Calvano

RA 2 | 2017, pagg. 52 | 73
ISSN 1724-9686 (print) | ISSN 2465-2377 (online)

All'indomani dell'improvvisa morte di Costanzo Ciano, avvenuta improvvisa nella notte tra il 26 e il 27 giugno 1939, immediata e irrinunciabile fu l'idea di innalzargli un monumento. Livorno e il Fascismo dovevano degnamente ricordare, esaltandole, le gesta marinare del gerarca fascista, eroe di Buccari e Cortellazzo. Il Podestà, come d'uso in quegli anni, già alla fine di giugno aveva perciò avviato, con una somma iniziale di 100.000 lire, una sottoscrizione popolare per l'erezione del monumento. Con la stessa rapidità si decise di affidare direttamente l'incarico allo scultore Arturo Dazzi, toscano che aveva eletto a residenza la sua villa a Forte dei Marmi e Accademico d'Italia dal 1937. Questi chiamò per la parte architettonica Gaetano Rapisardi, cui era legato da un sodalizio professionale basato sulla reciproca stima, che negli anni si trasformerà poi in durevole amicizia.
La sottoscrizione era a buon punto e così il 27 giugno 1940 Rapisardi trasmise "per incarico dell'Eccellenza Arturo Dazzi, e giusto accordi presi col P.N.F." (A.P.R., 1940a), all'Ingegnere Capo del Genio Civile di Livorno il progetto, in una versione già avanzata, per il Monumento a Costanzo Ciano sul Monte Burrone. Quest'ultimo, per suo conto, avrebbe dovuto completare il progetto esecutivo alla fine del mese di settembre (A.P.R., 1940b).
Già in questa prima versione gli elementi fondamentali del progetto sono fissati, come si può leggere in una minuta della relazione al progetto

> Il Monumento può considerarsi costituito da due parti: basamentale l'una, di elevazione l'altra. La basamentale emerge dalla collina come un grande contrafforte dell'altezza di m. 25 circa e in essa trova posto la Cripta che costi-

Fig. 2
Il volume prismatico del Monumento allo stato di rudere. Monte Burrone a Montenero di Livorno

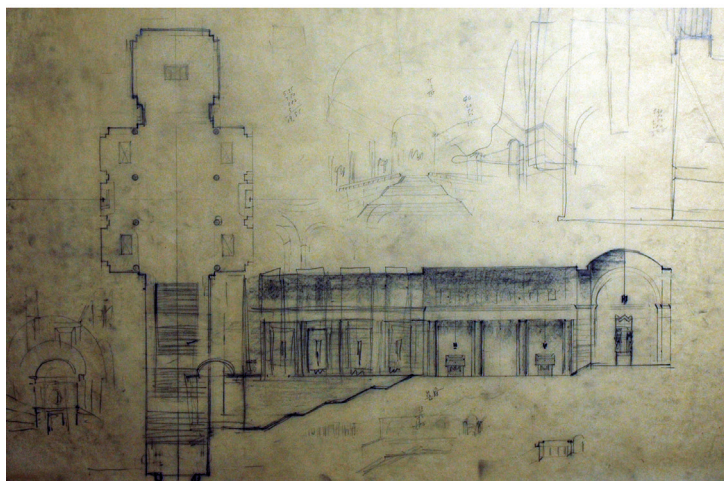
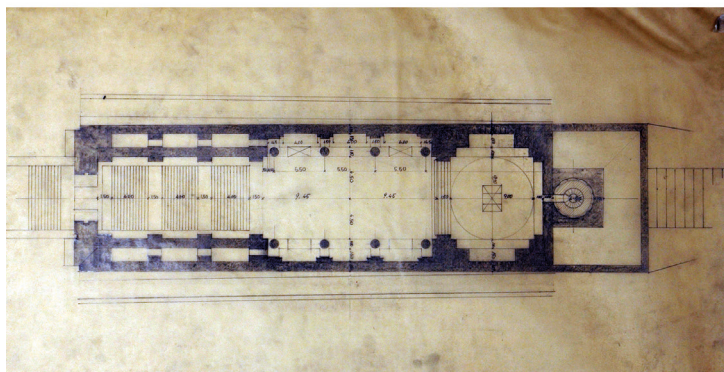
tuisce la parte più raccolta del Monumento. E` prevista in costruzione di muratura di pietrame listata a mattoni e rivestita esternamente in granito greggio della Maddalena. L'interno della cripta costituito da un corpo architettonico coperto con volta a botte e da un altro coperto con volta a vela è in marmo grigio del Timavo. Nella parte della cripta coperta con volta a vela sorgerà il sarcofago dell'Eroe di granito rosso del Pantheon sorretto da quattro statue di granito della Maddalena. La parte elevata del monumento è costituita dalla statua dell'Eroe alta m.12, emergente da un nucleo a forma di MAS in granito della Maddalena e da una torre luminosa alta m.45 in travertino dorato. Un gruppo di riflettori appositamente situato al termine della torre dovrà illuminare tutto l'insieme del monumento e delle rampe di accesso (A.P.R., 1940c).

Di fatto il progetto continua a subire fino a tutto il 1941 delle sostanziali modifiche, mentre la costruzione dell'opera, che ha inizio solo alla fine di quell'anno, per il conflitto bellico procede davvero con estrema lentezza e tra mille difficoltà. Già nell'agosto del 1941 il Genio Civile aveva prudenzialmente richiesto di procrastinare l'ultimazione dei lavori al 20 ottobre del 1942 (A.C.S.R., 1941); poi nell'aprile del 1942, per le difficoltà logistiche e dei trasporti dei materiali, si videro costretti a concedere alle ditte fornitrici dei marmi e dei graniti ulteriori proroghe, tra i quattro e i sei mesi (A.C.S.R., 1942). Nel frattempo si procrastinava di un ulteriore anno l'inaugurazione fissandola al 20 ottobre 1943 (A.C.S.R., 1943a).
Il 13 marzo del 1943 tra le opere realizzate vi sono l'esterno del volume prismatico basamentale con il rivestimento in le lastre di granito e le scale la-

Fig. 3
Le statue dei Marinai e del Balilla oggi sul Lungomare di Forte dei Marmi

Fig. 4
Uno dei molti materiali iconografici che documentano il progetto del Mausoleo. Schizzo prospettico conservato all'Archivio Privato Rapisardi

terali, buona parte della struttura del piano-cripta del mausoleo, comprese le centinature per la volta a botte in calcestruzzo armato, metà delle opere murarie per la torre-faro. Sono anche eseguite parte delle statue del sarcofago mentre è in corso di sbozzatura la statua di Ciano; è quasi terminata la fornitura di granito per il rivestimento interno della cripta, il travertino per il rivestimento della torre-faro è pronto per metà, sono già realizzate le 8 colonne di marmo verde di Arni e gli altri marmi destinati al rivestimento interno; a piè d'opera sono consegnate le urne funerarie e il basamento in porfido per l'urna di Ciano (A.C.S.R., 1943b).
Ma l'avanzare del conflitto bellico rende sempre più problematico portare a compimento i lavori; è pressoché impossibile trasportare i blocchi della statua di Ciano dalla Maddalena a Livorno - non solo per l'impegno di mezzi e il consumo di carburante, ma soprattutto per i pericoli da affrontare nella traversata del Mar Tirreno battuto dalle navi inglesi – ma è anche impensabile riuscire a reperire i necessari vagoni ferroviari per il trasporto delle restanti forniture del marmo del Carso, così come reperire l'acciaio e il ferro necessari alla realizzazione di seghe, subbie e scalpelli per gli scavi e la lavorazione dei marmi nelle diverse cave. Nonostante le difficoltà, si spera ancora di poter portare a compimento l'opera e perciò nel marzo del 1943 il Ministero dei Lavori Pubblici stima ancora di poterla inaugurare ad ottobre del 1944 (A.C.S.R., 1943c).
Ma solo qualche mese dopo furono diramati ordini di sospendere tutte le opere che non fossero state reputate d'interesse pubblico. Tra queste, il 25 luglio del 1943, anche il cantiere per il Monumento a Costanzo Ciano, dove si reputò di non dover neanche provvedere a quelle opere necessarie per preservarlo dalle intemperie (A.C.S.R., 1944).
L'abbandono del cantiere, senza alcuna opera provvisionale, determinò fin

Fig. 5
Alcuni tra i disegni dell'Archivio Privato Rapisardi che documentano la prima stesura del progetto, 1939

da subito il trafugamento di molti degli arredi e dei rivestimenti pregiati già in opera. Arrivati i Tedeschi, questi elessero la terrazza e la torre-faro come luogo di osservazione privilegiato, e pertanto, prima di fuggire in ritirata, la fecero saltare in aria in modo da sottrarla agli Alleati che intanto avanzavano.
Da allora, al di là di qualche sporadica fiammata d'intenzione sul riuso o

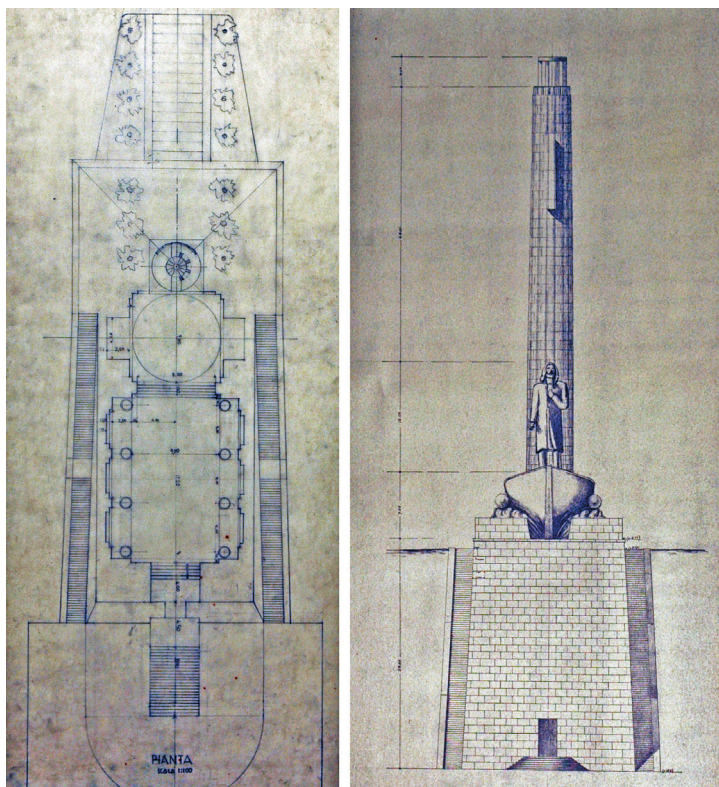



Fig. 6
Alcuni tra i disegni dell'Archivio Privato Rapisardi che documentano la seconda versione del progetto, ottobre 1940

anche sulla demolizione, peraltro repentinamente spentesi, è tutto rimasto in abbandono. Alcuni dei blocchi della statua di Costanzo Ciano sono abbandonati nella Cava di Villamarina nell'isola di Santo Stefano della Maddalena (Fig. 1), il volume prismatico, incompleto, è allo stato di rudere sul Monte Burrone (Fig. 2), le statue dei Marinai e dell'unico Balilla realizzato sono oggi nei giardini del Lungomare di Forte dei Marmi (Fig. 3).
Al di là di qualunque giudizio di merito, si tratta di certo di un'opera monumentale e di un altrettanto monumentale cantiere portato avanti, almeno nei primissimi anni, con grande impiego di mezzi e fondi in un contesto problematico come quello della seconda guerra mondiale ormai alle porte fin dall'ideazione del Monumento.
Un progetto incompiuto ma ampiamente testimoniato da una cospicua documentazione in gran parte iconografica conservata presso gli Archivi (tra cui l'Archivio Centrale dello Stato di Roma, l'Archivio Privato Rapisardi – Fig. 4, l'Archivio di Stato di Livorno e l'Archivio della Fondazione Bertelli di Forte dei Marmi), una costruzione ridotta a rudere (il volume prismatico basamentale) e ulteriori reperti fisici (le diverse statue completate e non): testimonianze aventi valore di civiltà con riferimento non tanto alla loro consistenza fisica, ma in quanto tracce di una storia incompiuta e che può essere virtualmente 'ri-costruita' a partire dalle metodologie proprie della Disciplina del Disegno.
Un metodo di lavoro a nostro parere riferibile all'ambito del 'restauro vir-

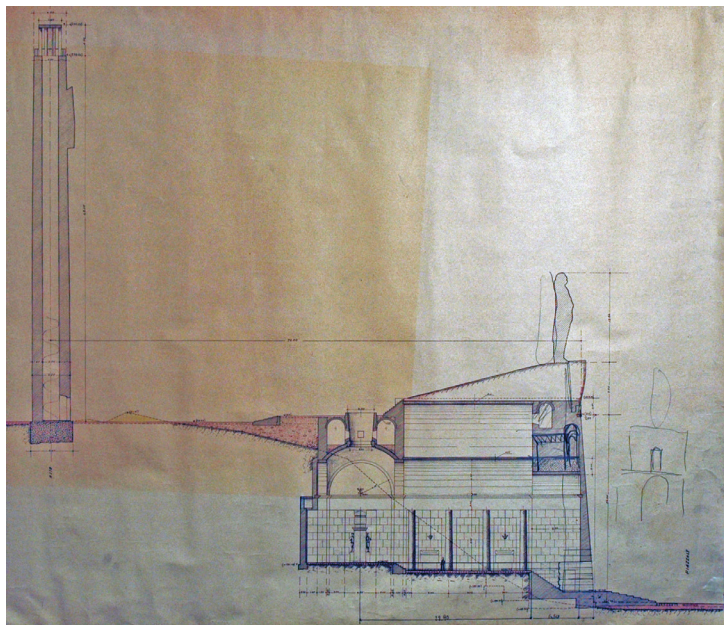
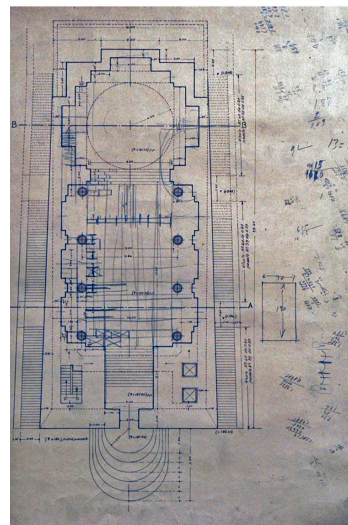
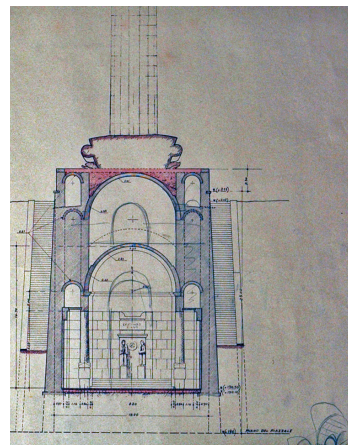



Fig. 7
Alcuni tra i disegni dell'Archivio Privato Rapisardi che documentano la terza versione del progetto, maggio 1941

tuale', unica strada possibile "per quelle opere d'arte (...) intangibili e che, solo attraverso una simulazione digitale, possano vedere migliorata la propria leggibilità e, in alcuni casi, ristabilita la propria unità formale" (Ercolino, 2012, p. 168). Applicazioni dove le tecnologie tridimensionali visuali divengono il prolungamento di 'quell'occhio' critico cui Roberto Longhi affidava la ricomposizione dell'insieme figurale coniando la dizione di 'restauro mentale' (Ercolino, 2012) e dove il linguaggio visuale consente di corrispondere, in senso lato, all'istanza estetica che concorre insieme all'istanza storica a qualificare un'opera d'arte e il cui restauro deve mirare al ristabilimento dell'unità potenziale (Brandi, 1963).

La sperimentazione. La rappresentazione per il restauro virtuale del Monumento

La principale intenzione della sperimentazione è stata quella di proporre un'ipotesi 'ricostruttiva' del progetto e della costruzione del Monumento a Costanzo Ciano integrando la cospicua documentazione di progetto con le testimonianze materiali dei reperti fisici ancora esistenti. I metodi del Disegno sono stati gli strumenti privilegiati adottati per l'analisi, il confronto e l'integrazione dei diversi tipi di dati, iconografici e di rilievo, e dunque per ripercorrere del Monumento il processo storico, progettuale e costruttivo, per darne una lettura interpretativa e, infine, per formularne ipotesi tridimensionali ricostruttive dell'unità figurale.

Si tratta perciò di una sperimentazione di 'rappresentazione' dove la metodologia del Disegno e le tecnologie visuali sono utilizzate come dispositivi utili alla simulazione dello spazio tridimensionale per il valore intrinseco documentativo, conoscitivo e comunicativo.

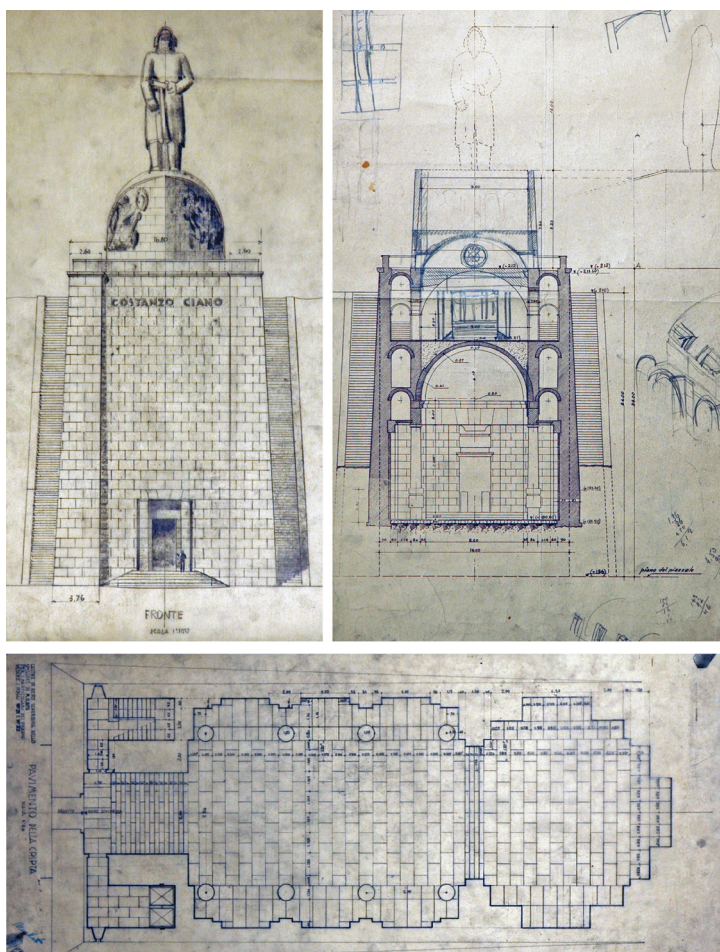



Fig. 8
Alcuni tra i disegni dell'Archivio Privato Rapisardi che documentano la terza versione del progetto, ottobre 1941

Il flusso di lavoro adottato nella sperimentazione si è articolato grosso modo in tre fasi tra loro strettamente relazionate che saranno sinteticamente descritte di seguito. La prima fase è stata finalizzata alla ricerca e sistematizzazione delle diverse testimonianze (documenti di archivio e reperti fisici-ruderi) per ricavarne i dati da porre alla base delle successive elaborazioni. La seconda fase si è concretizzata nella costruzione del modello tridimensionale digitale derivato dalle informazioni puntuali e rigorose, per forma e misura, desunte dalla precedente fase, in particolare adottando l'analisi geometrica per l'integrazione dei dati delle diverse fonti e per correttamente orientare le scelte interpretative. L'ultima e terza fase ha avuto come obiettivo quello di proporre differenti rappresentazioni più esplicitamente percettive in grado di testimoniare, coerentemente con l'interpretazione storico-critica, sia il progetto e sia la costruzione.

La prima fase. La documentazione: i disegni di progetto

Alla fine del 1939 Arturo Dazzi firmò il contratto per il progetto del Monumento a Costanzo Ciano provvedendo, però, a far inserire nelle clausole

Gaetano Rapisardi come progettista supplente e suo delegato in cantiere e nei rapporti con la committenza e i fornitori (A.C.S.R., 1939).
Arturo Dazzi, pur rimanendo il progettista incaricato, si sarebbe essenzialmente occupato degli elementi scultorei: il complesso ciclopico della statua di Ciano con il MAS e il gruppo delle quattro statue per la cripta, due Balilla e due Marinai, che avrebbero sorretto il sepolcro di Ciano. Il materiale scelto era il granito della Maddalena, cavato dalla ditta Schiappacasse di Genova nella cava appositamente approntata a Villamarina nell'isola di Santo Stefano. Date le dimensioni della statua di Ciano, questa sarebbe stata divisa in blocchi con una prima sbozzatura effettuata già dagli operai, per poi essere portata a termine direttamente nella cava da Dazzi. I conci delle statue dei Balilla e dei Marinai sarebbero invece stati lavorati dallo scultore nel suo studio di Forte dei Marmi.
Come emerge dalla lettura della minuta del contratto (A.C.S.R., 1939) e dalla corrispondenza intercorsa tra Dazzi e Rapisardi conservata nei diversi Archivi, a Gaetano Rapisardi fu pressoché integralmente affidato il progetto

Fig. 9
Le riprese fotografiche necessarie all'utilizzazione del metodo di *structure from motion*. La statua di un Marinaio su viale della Repubblica a Forte dei Marmi

architettonico del Mausoleo, dall'inserimento nel contesto, con la progettazione del tronco stradale di accesso alla scalea, alla definizione dei dettagli costruttivi e decorativi, dalla scelta dei materiali alle relazioni con l'Ufficio del Genio Civile, del Ministero dei Lavori Pubblici ecc.

Dato il ruolo assolutamente centrale rivestito da Rapisardi nella progettazione architettonica, ma anche nella conduzione del cantiere, si è perciò deciso di adottare come fonte privilegiata il cospicuo materiale dell'Archivio Privato Rapisardi: oltre 100 disegni, tra schizzi, tavole e schemi.

Trattandosi di una documentazione seppur abbondante comunque incompleta, lacunosa e priva di sistematicità, le prime operazioni hanno riguardato l'ordinamento di tale materiale, procedendo dapprima per analogie e confronti tra i disegni del medesimo Archivio e poi con i materiali conservati negli altri Archivi consultati, così pervenendo all'individuazione di quattro diverse versioni del progetto.

Il progetto nella sua prima stesura è documentato da un gruppo di disegni (Fig. 5), conservati per lo più all'Archivio Privato Rapisardi e databili al 1939 quando era appena stato assegnato l'incarico, che già presentano molti dei caratteri distintivi che permarranno nelle versioni successive. Il fulcro del progetto, come emerge soprattutto dagli schizzi prospettici, è nell'accostamento tra il massiccio corpo di fabbrica in granito, un semplice volume prismatico privo di decorazioni, e l'enorme statua di Costanzo Ciano, posta in prossimità della facciata, e dell'ancor più enorme torre-faro, posta in corrispondenza della parte terminale.

Disegni planimetrici e in alzato dettagliano poi lo spazio interno: una pianta basilicale a croce latina con un accentuato sviluppo longitudinale articolato in tre distinti ambienti - il vestibolo, la cripta e il sancta sanctorum – attraverso differenti livelli dei piani di calpestio. Al vestibolo, con un'imponente scalinata, succede la cripta, con navata centrale e due pseudo navate laterali per ospitare le arche della famiglia Ciano, cui segue l'ambiente cruciforme voltato del sancta sanctorum, dove è allocato il sarcofa-

Fig. 10
Le riprese fotografiche necessarie all'utilizzazione del metodo di *structure from motion*. La statua di Costanzo Ciano nella cava di Villamarina

go di Costanzo Ciano circondato da quattro statue, concluso da un piccolo vano non praticabile definito dalla base della torre-faro.
Il progetto nella versione consegnata nell'ottobre 1940 è descritto compiutamente da una cospicua documentazione conservata soprattutto all'Archivio Centrale dello Stato e all'Archivio Privato Rapisardi (Fig. 6).
Rispetto alla prima stesura, la principale modifica riguarda lo sviluppo longitudinale notevolmente ridotto per l'eliminazione del vestibolo compensato, però, da una più profonda scalinata esterna. In questa stesura è ulteriormente semplificato il fronte del volume prismatico cui sono accostate lateralmente delle strette e ripide scalinate che danno accesso alla terrazza panoramica. Sulla copertura è dettagliata la statua di Costanzo Ciano che si solleva da un basamento sagomato in analogia a un motoscafo anti sommergibile MAS raggiungendo i 14 metri di altezza mentre, dalla parte opposta, la torre-faro-fascio, con un profilo chiaramente ispirato al fascio littorio, si eleva per oltre 50 metri. Infine, sulla sommità della cupola del sancta sanctorum è aperta una bucatura, unica fonte di luce naturale per la creazione di un ambiente raccolto e in penombra.
Un'ulteriore documentazione, in particolare dell'Archivio Centrale dello Stato e dell'Archivio Privato Rapisardi, per lo più risalente al maggio 1941, delinea una terza fase di sviluppo del progetto (Fig. 7) in cui sono tratteggiate diverse soluzioni. Le principali modifiche sono rappresentate dalla posizione della torre-faro, non più in continuità con il volume prismatico ma distante dal fronte circa 70 metri, e dall'introduzione di un secondo livello, in corrispondenza dell'aula della cripta, da destinarsi a spazio museale. Alcuni disegni descrivono ulteriori ripensamenti sul trattamento della facciata, nuovamente semplificata, sull'introduzione di una lanterna sulla sommità della cupola e su un più morbido profilo della scalinata di accesso.
Un ultimo gruppo di materiali, soprattutto conservati all'Archivio Centrale dello Stato e all'Archivio Privato Rapisardi (Fig. 8), documentano alla data

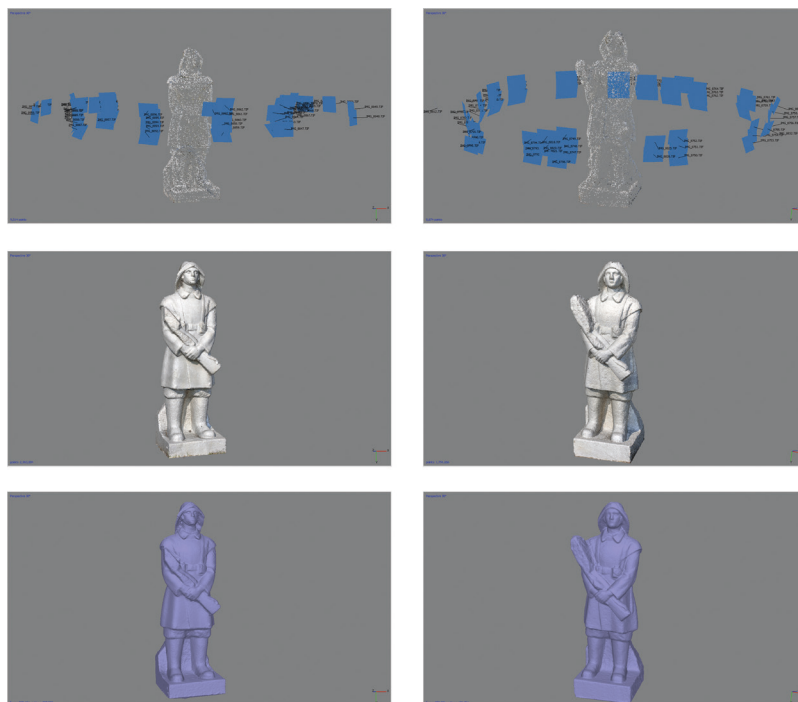
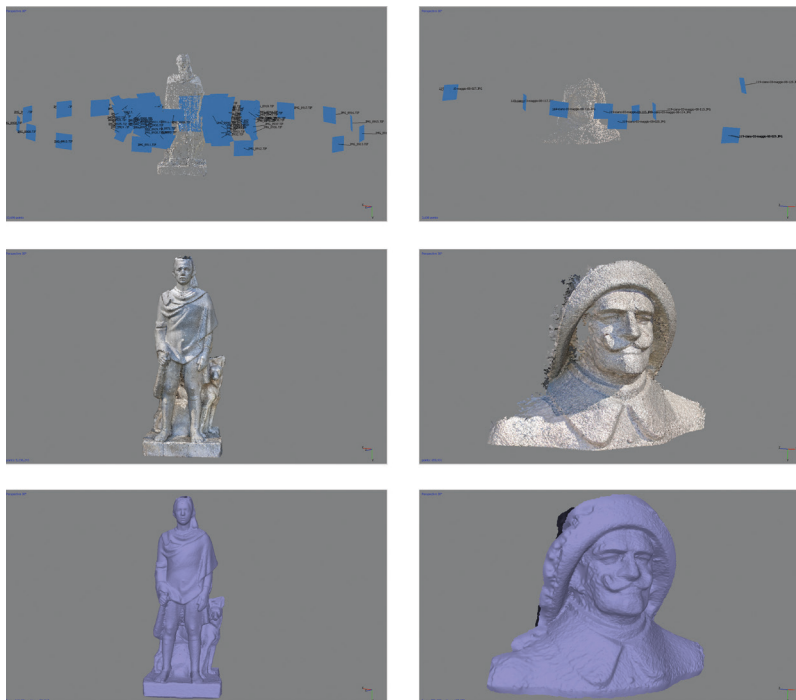



Fig. 11
Il flusso di lavoro per l'elaborazione delle riprese fotografiche con il software proprietario Agisoft Photoscan. Dall'alto verso il basso: l'estrazione della nuvola sparsa, l'estrazione della nuvola densa, la tassellazione

dell'ottobre 1941 una stesura del progetto pressoché definitiva, a meno di alcuni successivi approfondimenti relativi ad elementi di dettaglio, in particolare costruttivi e decorativi.
La soluzione per la facciata è più matura: una leggera diminuzione della larghezza del fronte conferisce maggiore slancio alla parte basamentale, mentre il disegno del portale architravato e l'inserimento di due paraste angolari aggettanti, a bilanciare le scalinate laterali, contribuiscono a mitigare la rigidezza del progetto grazie al trattamento chiaroscurale del gioco dei volumi; infine inizia a dettagliarsi il disegno del MAS che funge da piedistallo per la statua di Costanzo Ciano ed è definitiva la scelta iconografica del marinaio.
Lo sviluppo progettuale del secondo livello destinato ad ospitare il museo è avanzato: otto pilastri con base quadrata, in corrispondenza delle otto colonne della cripta, scandiscono l'articolazione dello spazio, mentre un deambulatorio voltato a botte, che avvolge il vuoto necessario alla lanterna, consente l'affaccio sul sottostante sancta sanctorum. Infine, sui due lati dell'ingresso nello spessore della facciata sono ritagliati due vani che ospitano rispettivamente una scala e un ascensore per l'accesso al piano del museo.

La prima fase. La documentazione: i ruderi

L'ulteriore fonte di documentazione posta alla base della sperimentazione è quella costituita dai reperti materiali, ruderi che testimoniano le opere nella loro consistenza attuale, e cioè: la parte basamentale eretta in località

Monteburrone a Montenero di Livorno, le statue dei Marinai e del Balilla a Forte dei Marmi rispettivamente allocate ad 'arredare' lo spazio urbano di Viale della Repubblica e di Via Piave, le parti della statua di Costanzo Ciano tutt'oggi abbandonate nella cava di Villamarina nell'isola di Santo Stefano dell'arcipelago della Maddalena.
Per ricavare da tali reperti fisici i dati utili alla ricostruzione degli spazi tridimensionali si sono applicate peculiari procedure di rilievo che, per le condizioni operative e per la conformazione dei reperti soprattutto quelli statuari, sono state quelle del rilievo fotogrammetrico digitale monoscopico multi-immagine. In particolare è stato utilizzato il metodo detto di *structure from motion*, specialmente diffusosi negli ultimi anni per i progressi tecnologici e gli sviluppi dell'informatica con il perfezionarsi della fotografia digitale e l'aumento delle capacità d'elaborazione dei personal computer (Ippoliti, Meschini, Sicuranza, 2015).
Questo metodo, grazie alla scrittura di algoritmi scientificamente testati e validati, prevede un processo per lo più automatizzato, sia per la fase dell'orientamento delle riprese, compresa quella dell'auto-calibrazione, sia per la fase dell'estrazione delle nuvole di punti, sparse e dense. Al rilevatore è in ogni caso demandata la supervisione dell'intero processo e il controllo e la validazione degli esiti nei diversi step e, in particolare, nel progetto di ripresa fotografica, nella valutazione della qualità degli scatti fotografici, nella stima dei dati delle auto-calibrazioni, nella verifica dell'accuratezza e della densità della nuvola di punti, nell'individuazione di eventuali lacune, nella definizione delle modalità di trattamento delle nuvole di punti ecc.

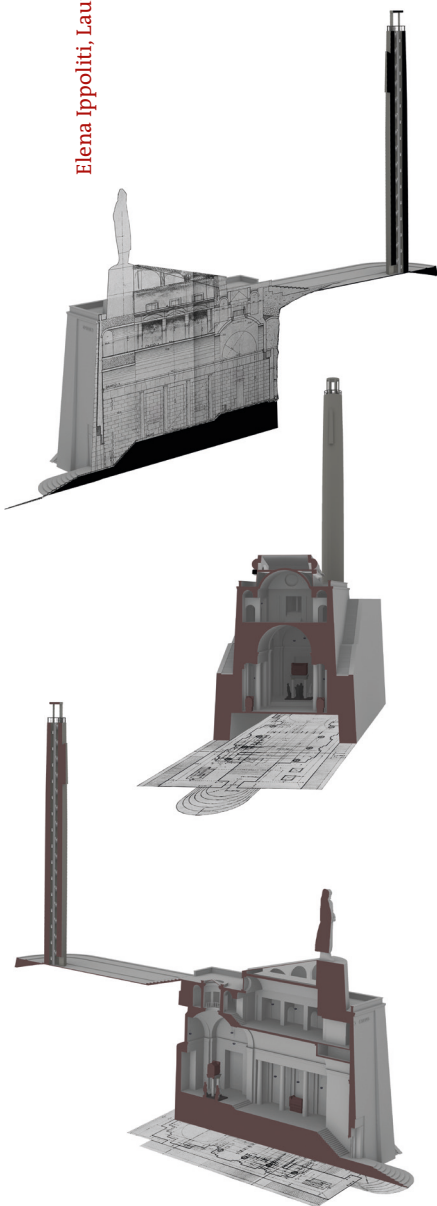
Il flusso di lavoro adottato nel rilievo fotogrammetrico ha innanzitutto previsto la progettazione delle riprese fotografiche, essenziale ai fini dell'accuratezza del risultato, che è stata definita in relazione alle risultanze degli approfonditi sopralluoghi e alle finalità del rilievo, con la distribuzione delle prese fotografiche, il loro orientamento, la definizione della distanza media di ripresa in relazione alle caratteristiche dell'ottica e del sensore della camera utilizzata. Effettuate le prese fotografiche (Figg. 9-10), si sono impostate le elaborazioni delle immagini digitali, propriamente precisabili di *structure from motion*, per ricavarne la nuvola di punti utilizzando il software proprietario Agisoft Photoscan (Fig. 11) per le qualità dei risultati registrati dalla letteratura scientifica in argomento (Fassi, Fregonese, Ackermann, De Troia, 2013; Remondino, Spera, Nocerino, Menna, Nex, 2014,). Qui, una volta orientati i diversi gruppi di riprese i cui esiti sono valutati sulla base dei risultati dell'estrazione delle corrispondenti nuvole a bassa densità, in relazione a prefissati criteri di accuratezza sono state estratte le relative nuvole dense poste alla base della successiva fase della sperimentazione (Figg. 12-13).

Fig. 13
La fase finale nell'elaborazione delle riprese fotografiche con il metodo di *structure from motion*. La modellazione poligonale delle statue dei Marinai e del Balilla e relativa texturizzazione

La seconda fase. L'analisi geometrica per la costruzione del modello volumetrico

In virtù delle prerogative operazionali che sono tradizionalmente alla base della metodologia del Disegno, il fulcro della sperimentazione è rappresentato dalla fase dedicata alla definizione del modello tridimensionale. Il procedere attraverso la modellazione nella costruzione tridimensionale è infatti stato considerato il vero e proprio laboratorio dove integrare i dati, derivanti dalla documentazione iconografica di progetto e dal rilievo dei reperti, e verificare via via le diverse interpretazioni attraverso un serrato controllo geometrico e metrico nello spazio a tre dimensioni (Calvano, Ippoliti, 2015).

Infatti, nonostante la 'semplicità' del caso studio e i cospicui materiali d'archivio rintracciati, forse per l'interruzione improvvisa dei lavori o per l'oblio del dopoguerra, non è comunque possibile affermare quale tra le tanti versioni di progetto quale sia la 'soluzione definitiva'. Perciò, per la formulazione di un'ipotesi 'ricostruttiva' del progetto, coerente con le interpretazioni desunte dalla lettura dei documenti di archivio e con le testimonianze materiali, il metodo adottato è stato quello di procedere verificando via via l'accuratezza e la qualità delle interpretazioni con gli strumenti dell'analisi geometrica nello spazio tridimensionale.

Fig. 14
La costruzione del modello volumetrico e il supporto dell'analisi geometrica

Ad esempio, l'analisi geometrica tridimensionale ha consentito di contenere le deformazioni dei materiali di archivio, dovute sia al degrado delle documentazioni e sia alla qualità delle scansioni, e di renderli coerenti grazie all'individuazione delle geometrie compositive e strutturali del progetto. Più in generale l'individuazione delle seppur semplici geometrie generatrici poste a fondamento del progetto dagli stessi autori ha costituito il fondamento della ricostruzione tridimensionale e delle scelte che via via si sono rese necessarie (Figg. 14-15).
Definiti gli elementi di riferimento geometrici, compositivi e di linguaggio, la modellazione tridimensionale, realizzata all'interno di un modellatore matematico, ha poi proceduto dal generale al particolare, fissando dapprima il perimetro dell'involucro esterno e poi articolando gli spazi interni, avanzando dal primo livello verso la copertura.
L'ultima fase ha riguardato la definizione dei dettagli e soprattutto degli apparati statuari. In questo caso l'elaborazione è stata direttamente condotta all'interno del software proprietario Agisoft Photoscan, trasformando la nuvola densa in un modello poligonale con particolare attenzione agli esiti della tassellazione nelle zone con bassa densità di punti e soprattutto nelle zone con presenza di lacune, attraverso l'attivazione delle opzioni per il controllo del grado di interpolazione.

La terza fase. La resa percettiva del modello

Se la formulazione di un'ipotesi 'ricostruttiva' del Monumento, sintetizzata nel modello tridimensionale elaborato sulle risultanze delle prime due fasi della sperimentazione, ha consentito di corrispondere all'istanza storica, in questa fase l'obiettivo principale è stato quello di corrispondere all'altra istanza, quella estetica, mirando così nell'insieme al ristabilimento dell'unità potenziale, ovvero al restauro virtuale che è stato possibile condurre attraverso un uso appropriato delle tecnologie tridimensionali visuali.
Nel quadro di queste riflessioni, sperimentando differenti trattamenti delle superfici con diversi livelli di verosimiglianza, si è determinato di proporre del modello tridimensionale due diverse 'rese percettive', ovvero di realizzare due modelli visuali corrispondenti a due distinte finalità comunicative (Figg. 16-17).
Il primo modello visuale propone l'interazione con il 'progetto': a tale scopo per il trattamento delle superfici del modello sono stati utilizzati i disegni originali di Gaetano Rapisardi, potendo così riproporre sia il codice grafico dell'architetto e sia la trama del supporto originale (Fig. 18).
Il secondo modello visuale propone invece l'interazione con la 'costruzione': a tale scopo la resa delle superfici del modello è stata risolta campionando i materiali realistici, desunti dall'analisi del computo estimativo del 10 ottobre 1940 (A.C.S.R., 1940), integrato e verificato sulla base delle risultanze dalle corrispondenze con le ditte fornitrici e delle opere realizzate (Figg. 19-20).
Per l'elaborazione di uno spazio digitale percettivamente accurato, neces-

sario alla simulazione di una rappresentazione coerente con le finalità della ricostruzione virtuale, il primo step ha riguardato la traduzione del modello matematico in modello numerico necessario al successivo step, quello di mappatura o anche detto di *Texture Mapping*. In ogni caso, le diverse procedure sono state via via messe in atto prestando sempre particolare attenzione affinché la risoluzione delle questioni tecniche fosse condotta nel quadro del contesto scientifico di riferimento e delle finalità della sperimentazione (Ippoliti, Calvano, 2017).
Relativamente alla traduzione da modello matematico a modello numerico, la questione principale è costituita dal fatto che si tratta sempre di mettere in atto un processo di discretizzazione delle forme, valutando quale sia l'approssimazione accettabile nella trasformazione di una superficie continua, NURBS, in una superficie discreta, *mesh*. In questa fase del processo è stata perciò prestata una particolare attenzione agendo sia sui parametri degli algoritmi di tassellazione e sia ponderandone con accuratezza la densità in relazione alle caratteristiche morfologiche delle singole parti del modello ricostruttivo del Monumento.
Relativamente alle procedure di mappatura, la questione principale riguarda il corretto posizionamento delle *texture* sulle superfici del modello numerico, associazione che è risolta attraverso la definizione di una corretta corrispondenza proiettiva tra i punti dell'immagine bidimensionale della *texture* e i vertici tridimensionali della *mesh*.

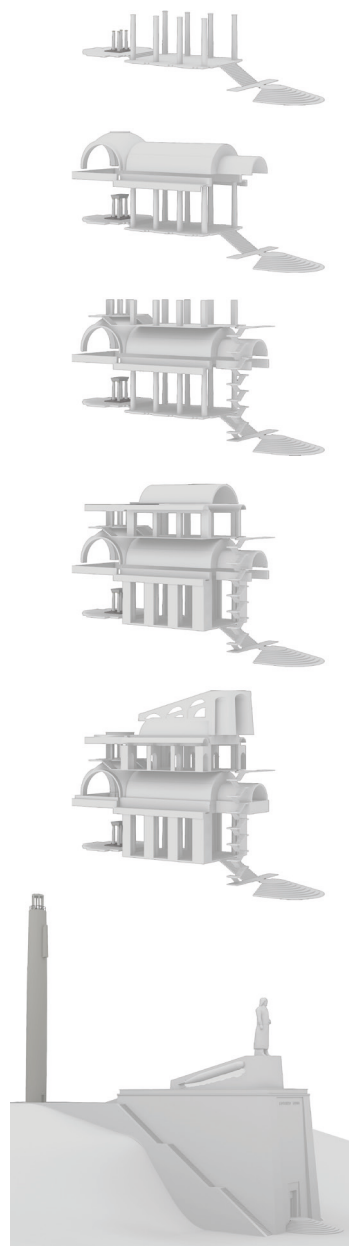
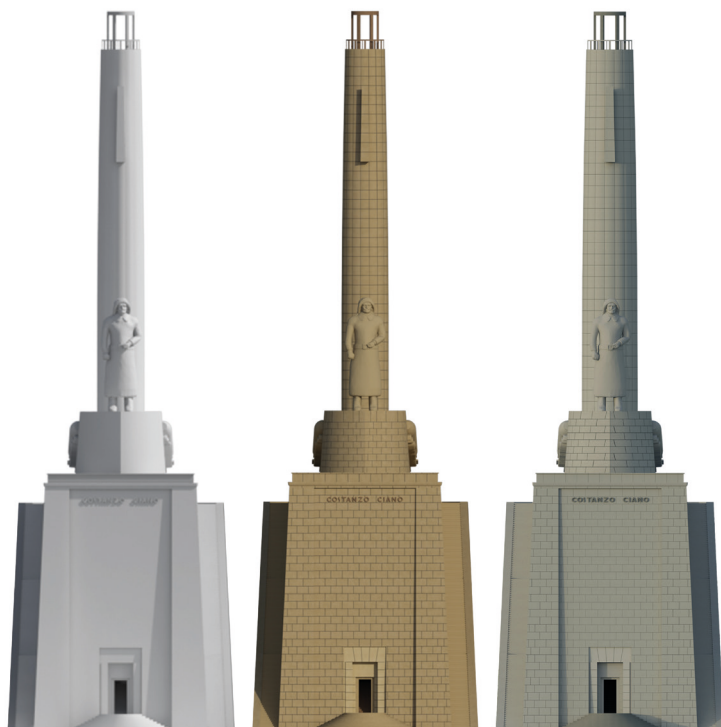



Fig. 15
La costruzione del modello volumetrico e il supporto dell'analisi geometrica e della scomposizione per parti

Fig. 16
La resa percettiva del modello. Dal modello volumetrico ai modelli visuali secondo distinte finalità comunicative

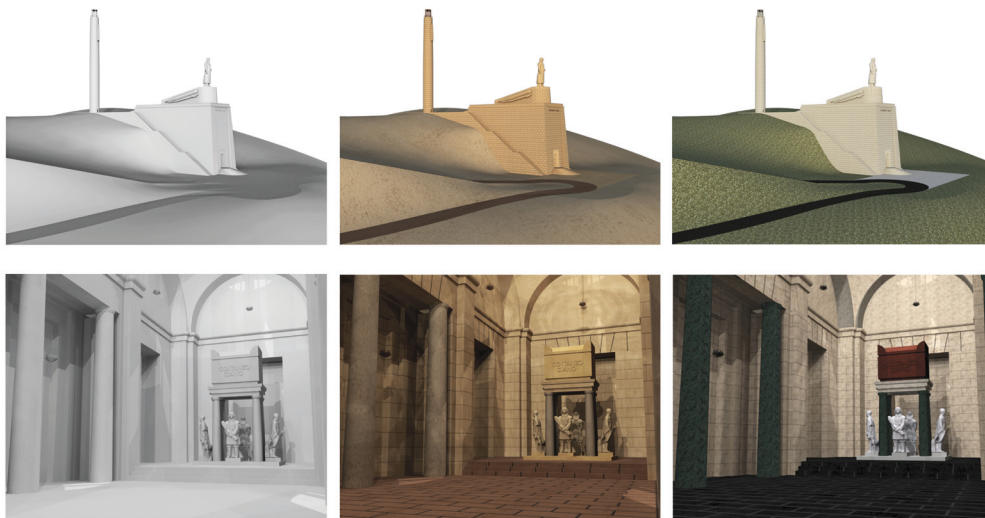
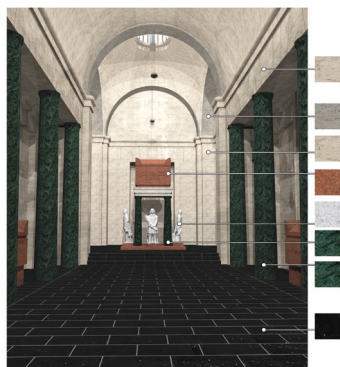
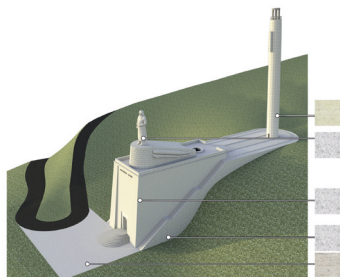



Fig. 17
La resa percettiva del modello. Dal modello volumetrico ai modelli visuali secondo distinte finalità comunicative

Fig. 19
La resa percettiva del modello. Il modello visuale per l'interazione con la 'costruzione'. La scelta dei materiali

Nel dettaglio le procedure applicate si sono differenziate in relazione alle caratteristiche geometriche delle singole parti in cui è stato scomposto il modello tridimensionale del Monumento.
In particolare, quando le singole porzioni di modello erano sintetizzabili secondo primitive geometriche, la procedura adottata è state quella detta *UVmapping*, scegliendo le differenti modalità di proiezione in relazione alle caratteristiche geometriche della superficie della porzione di modello. Invece, qualora era valutato che la singola parte di modello non poteva essere accettabilmente descritta attraverso una primitiva geometrica, la procedura adottata è stata quella detta *Unwrapping*. In questo caso, dato che un modello discreto poligonale è comunque composto da facce triangolari, per individuare le relazioni tra i punti bidimensionali della *texture* e i vertici tridimensionali del modello, si sono dapprima sviluppate le singole *mesh* sul piano e poi si è associata la superficie sviluppata sul piano cartesiano alla superficie bidimensionale dell'immagine della *texture*.

Conclusioni

La sperimentazione presentata a nostro parere dimostra come l'utilizzo delle tecnologie digitali visuali, controllate attraverso la metodologia del Disegno e le sue prerogative operazionali, possa contribuire alla costruzione della conoscenza culturale nelle forme più idonee ad una larga e condivisa comunicazione.
È però altrettanto evidente che una corretta applicazione di tali tecnologie al Patrimonio Culturale necessita di un operatore competente e consapevole del contesto storico, critico e scientifico di riferimento. Un operatore cui è richiesta una preparazione ed esperienza tali da poter avere la padronanza dell'intero processo, cioè di tutte le fasi delle procedure scientifiche e tecniche nel quadro delle istanze dell'oggetto culturale e delle finalità delle stesse applicazioni tecnologiche al Patrimonio Culturale.

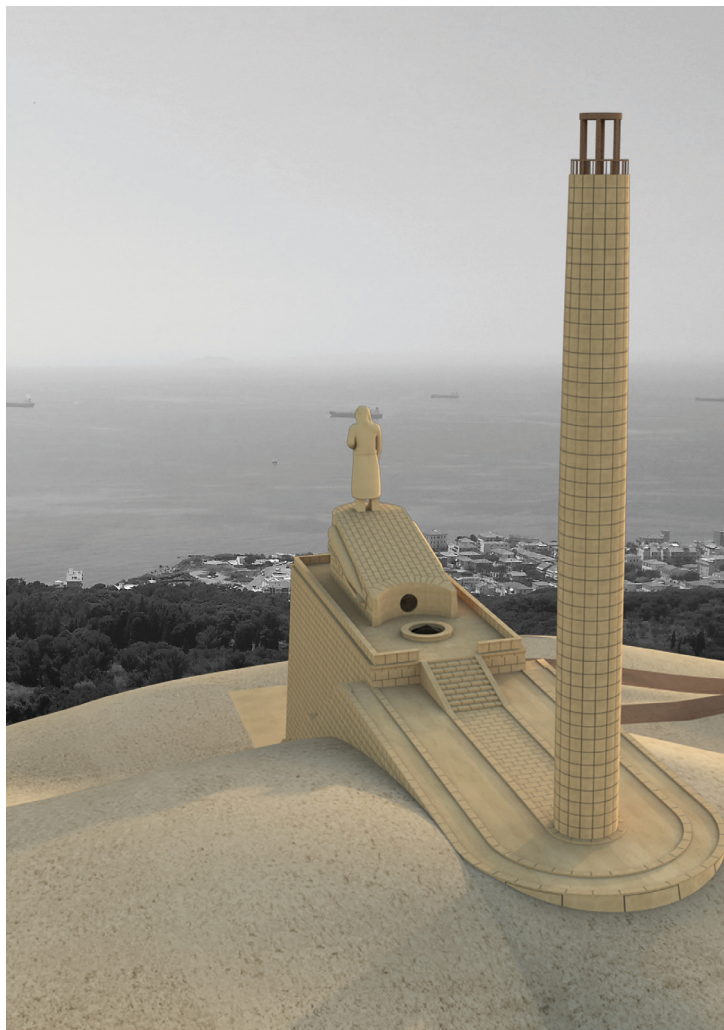



Fig. 18
La resa percettiva del modello. Il modello visuale per l'interazione con il 'progetto'

pagina seguente

Fig. 20
La resa percettiva del modello. Il modello visuale per l'interazione con la 'costruzione'

Bibliografia

Archivio Centrale dello Stato di Roma, Fondo PNF Dir. Naz. Servizi Vari, Serie IIB, Busta 1140, «Minuta del contratto», sd ma presumibilmente del 1939 (A.C.S.R., 1939).

Archivio Centrale dello Stato di Roma, Fondo PNF Dir. Naz. Servizi Vari, Serie IIB, Busta 1140, «Progetto dei lavori e forniture occorrenti per la costruzione del monumento alla medaglia d'oro Costanzo Ciano sul Monte Burrone. Computo estimativo. Allegato n. 3», 10 ottobre 1940 (A.C.S.R. 1940).

Archivio Centrale dello Stato di Roma, Fondo PNF Dir. Naz. Servizi Vari, Serie IIB, Busta 1140, «Relazione degli Uffici Tecnici a firma di Luigi Mancini al Segretario del Partito Nazionale Fascista», 28 agosto 1941 (ACS 1941).

Archivio Centrale dello Stato di Roma, Fondo PNF Dir. Naz. Servizi Vari, Serie IIB, Busta 1140, «Il Segretario Federale Capo dei Servizi Tecnici del Partito Nazionale Fascista, Luigi Mancini, al Capo dei Servizi Amministrativi», 6 aprile 1942 (A.C.S.R. 1942).

Archivio Centrale dello Stato di Roma, Fondo PNF Dir. Naz. Servizi Vari, Serie IIB, Busta 1141, «Il Segretario Federale del Partito Nazionale Fascista di Livorno, Umberto Ajello, all'Ingegnere Capo del Genio Civile di Livorno e ai Servizi Tecnici del Direttorio del Partito Nazionale Fascista», 12 gennaio 1943 (A.C.S.R. 1943a).

Archivio Centrale dello Stato di Roma, Fondo PNF Dir. Naz. Servizi Vari, Serie IIB, Busta 1140, «Memoria del Capo dei Servizi Amministrativi G. Montefusco attestante lo stato dei lavori», 13 marzo 1943 (A.C.S.R. 1943b).

Archivio Centrale dello Stato di Roma, Fondo PNF Dir. Naz. Servizi Vari, Serie IIB, Busta 1141, «Relazione dello stato dei lavori dell'ingegnere capo Mario Taddeucci per il Min. LLPP», 18 marzo 1943 (A.C.S.R. 1943c).

Archivio Centrale dello Stato di Roma, Fondo PNF Dir. Naz. Servizi Vari, Serie IIB, Busta 1140, «Relazione della Ragioneria Centrale dello Stato sul cantiere di monte Burrone», 30 aprile 1944 (A.C.S.R. 1944).

Archivio Privato Rapisardi, «Minuta della lettera di Gaetano Rapisardi all'Ingegnere Capo del genio Civile di Livorno», 27 giugno 1940 (A.P.R. 1940a).

Archivio Privato Rapisardi, «Lettera dell'ingegnere Capo del Corpo Reale del genio Civile dell'Ufficio di Livorno, Ministero dei Lavori Pubblici a Gaetano Rapisardi», 19 settembre 1940 (A.P.R. 1940b).

Archivio Privato Rapisardi, «Minuta della Relazione di progetto», sd, ma presumibilmente del 1940 (A.P.R. 1940c).

Archivio Privato Rapisardi, «Minuta della lettera di Gaetano Rapisardi ad Arturo Dazzi», 17 giugno 1942 (A.P.R. 1942).

Benedetti B., Gaiani M., Remondino F. (a cura) 2010, *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*, Edizioni della Normale, Pisa.

Bennardi D., Furferi R. 2007, *Il restauro virtuale tra ideologia e metodologia*, Edifir, Firenze.

Bianchini C. 2007, *Dal reale al virtuale e ritorno: appunti, in Informatica e fondamenti scientifici della rappresentazione: seminario laboratorio Roma 12-14 febbraio 2007*, ed. L. De Carlo, Gangemi, Roma, pp. 307-314.

Borghini S., Carlani R. 2011, *La restituzione virtuale dell'architettura antica come strumento di ricerca e comunicazione dei beni culturali: ricerca estetica e gestione delle fonti.* «Disegnarecon», 4 (8), pp. 72-79.

Brandi C. 1963, *Teoria del restauro,* Edizioni di storia e letteratura, Roma.

Carbonara G. 1976, La reintegrazione dell'immagine: problemi di restauro dei monumenti, Bulzoni, Roma.

Centofanti M., Brusaporci S., Lucchese V. 2014, *Architectural Heritage and 3D Models*, in *Computational Modeling of Objects Presented in Images. Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics*, ed. P. Di Giamberardino,

Springer International Publishing, Cham, vol. 15, pp. 31-49.

Denard H. (a cura di), 2009, *The London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage.*

http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf; (11/17).

Ercolino M. G. 2012, *Roberto Longhi: Idee sul Restauro,* in *Giornate di studio in onore di Claudio Tiberi, Atti del Convegno (Roma, 17-18 febbraio 2011),* ed. F. Cantatore, A. Cerutti Fusco, P. Cimbolli Spagnesi, Roma, Bonsignori, pp. 165-171.

Fassi F., Fregonese L., Ackermann S., De Troia V., 2013, *Comparison between laser scanning and automated 3D modelling techniques to reconstruct complex and extensive Cultural Heritage Areas*, in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL(5/W1), pp. 73-80.

Ippoliti E. 2007, *L'altra modernità: alcuni disegni di Gaetano Rapisardi per Siracusa*, «Ikhnos. Analisi grafica e storia della rappresentazione», pp. 91-122.

Ippoliti E. 2011, *Dal dibattito nazionale sulle riviste alla cronaca locale: i Monumenti ai Caduti di Messina e Siracusa. Gaetano Rapisardi e la pratica professionale (1922-1937)*, in *L'altra modernità nella cultura architettonica del XX secolo*, ed. M. L. Neri, Gangemi, Roma, pp. 155-196.

Ippoliti E., Meschini A., Sicuranza F. 2015, *Digital Photogrammetry and Structure from Motion for Architectural Heritage. Comparison and Integration between Procedures*, in *Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation*, ed. S. Brusaporci., vol. 1, IGI Global, Hershey PA, USA, pp. 124-181.

Ippoliti E., Calvano M. 2017, *Enhancing the Cultural Heritage between Visual Technologies and Virtual Restoration: Case Studies to Models for Visual Communication*, in *Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling*, eds. A. Ippolito, M. Cigola, IGI Global, Hershey PA, USA. pp. 316-354.

Limoncelli M. 2012, *Il restauro virtuale in archeologia*, Carocci, Roma.

Migliari R. (a cura) 2004, *Disegno come modello. Riflessioni sul disegno nell'era informatica*, Kappa, Roma.

Ragghianti C. L. 1978, *Capire l'arte col computer.* «Critica d'arte», 18 (160-162), pp.2-16.

Remondino F., Spera M.G., Nocerino E., Menna F., Nex F., 2014, *State of the art in high density image matching*, «Photogrammetric Record Journal» 29(146), pp. 144-166.

Viscogliosi A. 2015, *Lo studio della Storia dell'Architettura fra tradizione e high-tech. A study of History of Architecture: tradition and high-tech.* «Disegnare Idee Immagini», 26 (51), pp. 80-90.